

シースルーモバイルビューアーのロバスト性の実験

梶山翔一^{†1} 池田将^{†1} 山下祥平^{†1} 杉村博^{†1} 奥村万規子^{†1}

概要: 本論文はシースルーモバイルビューアーのロバスト性の実験を行った。シースルーモバイルビューアーは視界を遮断することなく透過して画像を重畳することが特徴である。この特徴によって、家の中だけでなく外出時でも利用することが想定される。透過する背景と表示する画像やテキストの色の組み合わせによって視認性が異なるため、高視認性を持つコンテンツの作成が重要といえる。しかし、シースルーモバイルビューアーに適する色の組み合わせやテキスト表示速度に関する評価の実験は少ない。そこで、これら利用シーンに関する視認ロバスト性について調査を行った。

キーワード: 輝度, 色度図, ディスプレイ, シースルービューアー

Experimentation of the See-Through Mobile Viewer.

SHOICHI KAJIYAMA^{†1} TADASHI IKEDA^{†1}
SYOHEI YAMASHITA^{†1} HIROSHI SUGIMURA^{†1} MAKIKO OKUMURA^{†1}

Abstract: This paper experiments performance of a see-through mobile viewer. See-through mobile viewer has a feature that superimposes real-world view with computer images. By the feature, we assume that the device is used not only an inside of house but also outdoors. It is important to generate contents with high good visibility in order to different visibility by combinations among background images and text colors. But, it is few that researches of combinations for colors on a see-through mobile viewer. We thus carry out experiments for robustness of visibility based on usage scenes.

Keywords: see-through mobile viewer, display, brightness, chromaticity diagram

1. はじめに

近年、ウェアラブル端末と呼ばれるユビキタス社会を促進するような製品が出始めている。そこで、私たちは今回ウェアラブル端末の1つ EPSON シースルーモバイルビューアー「モベリオ」について性能評価を行った。シースルーディスプレイの最も大きな特徴は画面を透過して背景が見えることであり、その特性に関する実験を行い、評価・分析していく。

第2章ではウェアラブル端末の製品比較を行い、第3章ではシースルーモバイルビューアーの原理、第4章では背景の明るさとモベリオ上の文字色の関係、第5章では表示内容と色の心理的効果、第6章では背景色と文字色の関係、第7章ではモベリオ上でのテロップの読みやすさについて述べる。

2. 使用した端末の性能

今回使用するウェアラブル端末は EPSON 「モベリオ」である。端末の特徴として、「モベリオ」は専用アプリが導入され、カメラ・マイク機能が搭載されている。これからの発展として EPSON のモベリオは一般向けと企業向けの製品の開発を並行して行う。

表 1 モベリオと性能

Table 1 The specifications of MOVERIO.

	エプソン モベリオ BT-200
パネル	液晶
画素数, 視野角	960×540, 23度
仮想画面サイズ	320インチ(虚像距離20m時)
プラットフォーム	Android4.0
サイズ	185mm×170mm×32mm
質量	88g
特徴	Android4.0/カメラ, GPS, 各種センサ, マイク入力, Bluetooth搭載/「MOVERIO Apps Market」にて対応するアプリがDLできる。



図 1 シースルーモバイルビューアー

Figure 1 See-through mobile viewer.

^{†1} 神奈川工科大学ホームエレクトロニクス開発学科.
Kanagawa Institute of Technology.

3. シースルーモバイルビューアの仕組み

シースルーモバイルビューアの原理を図1に示す。ふち部分に内蔵されているディスプレイから出力された映像がレンズを通して進んでいき、最終的にハーフミラー層で映像が反射する事で目の前に虚像を作り出し、背景と重畳される。この原理で左右両方の映像が映し出されている。

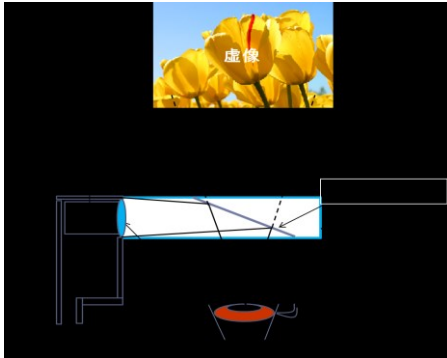


図2 シースルーモバイルビューアの仕組み

Figure 2 The mechanism of see-through mobile viewer.

シースルーということは、外でも使える可能性があるのではないかと考えたが背景の明暗、色、文字を読むことができるのかと外出先での使用時の問題が考えられた。そのため実験を行うことでどのような環境の変化に弱いのかを確認する。

4. 文字色と背景の明暗に関する評価実験

4.1 実験内容

シースルーディスプレイは背景と映像が同時に見えるので背景の色や模様、明るさの変化によって映像が見えにくくなると考えられる。その中で文字色と背景の明暗の関係性を調べる実験を行った。実験方法は図2と図3に示すように、50インチプラズマディスプレイ(TH-P50VT2)に背景となる画像を表示し、モベリオには赤(255, 0, 0)・黄色(255, 255, 0)・緑(0, 255, 0)・シアン(0, 255, 255)・青(0, 0, 255)・マゼンタ(255, 0, 255)の6色の文字色を表示し、見やすい色を2色選んでもらうというものである。図4の背景は日向の全体的に白の背景で、ディスプレイ表示時の輝度は30~130[cd/m²]である。図5の背景は、日陰の全体的に黒の背景で、ディスプレイ表示時の輝度は10[cd/m²]である。アンケートは学園祭期間中に行い、前述の内容と年齢について回答してもらった。人数の内訳は10~20代が14人、30代以降が8人、全体が22人である。

4.2 実験結果

各背景色に対する全体の結果を表2に示す。年代別の結果を表3、表4に示す。全体と年代別を比べても年代ごとの差はほぼなかった。また、全体を通してRGBの補色であるシアン、マゼンタ、黄色の三色が比較的高い数値であった。しかし、背景暗時のシアンと青の票数が少ないため、暗い

背景に対しては、青はモベリオ上では見づらいことが分かる。

4.3 考察

両方の背景を通してどちらもマゼンタ、黄色が多く占めていた。この2色は明暗のどちらでも高い比率であり、背景の明るさに依存していないといえる。シアンは背景明時と暗時でばらつきがあり、背景の明るさに依存しているといえる。また、全体と年代別の差はほぼないため次の実験からは年代の差は無いこととする。

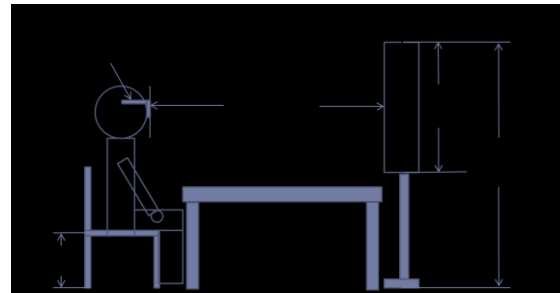


図3 装置の位置

Figure 3 The positions of devices.



図4 実験環境

Figure 4 Experimental environment.



図5 背景「明」輝度30~130[cd/m²]

Figure 5 Back Ground for 「明」;brightness 30~130[cd/m²].



図6 背景「暗」輝度10[cd/m²]

Figure 6 Back Ground for 「暗」;brightness 10[cd/m²].

表 2 見やすいと答えた人数(全体)

Table 2 The distribution of good visibility in entire.

(全)	R	Y	G	C	B	M
明	7	<u>11</u>	6	<u>5</u>	1	<u>13</u>
暗	5	<u>9</u>	7	<u>8</u>	1	<u>9</u>

表 3 見やすいと答えた人数(10~20代)

Table 3 The distribution of visibility good in teens or twenties.

10~20	R	Y	G	C	B	M
明	4	<u>6</u>	5	1	1	<u>8</u>
暗	2	<u>6</u>	4	6	1	<u>7</u>

表 4 見やすい色と答えた人数(30代以上)

Table 4 The distribution of good visibility in thirty or more.

30~	R	Y	G	C	B	M
明	3	<u>5</u>	1	4	0	<u>5</u>
暗	3	<u>3</u>	3	2	0	<u>2</u>

5. 表示内容と文字色の実験

5.1 結果と考察

モベリオ上に「メールが来ました」、「地震が発生しました」、「神奈川工科大学」の3つの文章を順に表示する。表示する文章の色は、第4章の6色に白を加えた7色である。第4章と同様に学園祭期間中に行った。各文章の背景の明暗に対する結果を表5~7に示す。白がどの文章でも1番多く、他の色はばらつきが多かった。「メールが来ました」、「地震が発生しました」に関しては黄色の票も目立つが、危険や注意を喚起するなどの意味があるのでこの様な結果になったと考えられる。「神奈川工科大学」に関しては、大学のイメージカラーである青が多くなるのではと考えていたが、大学関係者が対象ではないため青の票は少なかった。結果として白は文字色の輝度が約150[cd/m²]と最も高く、内容には関係なく白が見やすい結果となった。

表 5 見やすいと答えた人数”メールが来ました”

Table 5 The distribution of good visibility for “メールが来ました。”

	R	Y	G	C	B	M	H
明	3	3	4	3	1	0	4
暗	2	4	1	2	2	2	7

表 6 見やすいと答えた人数”地震が発生しました”

Table 6 The distribution of visibility for “地震が発生しました。”

	R	Y	G	C	B	M	H
明	3	5	2	0	0	1	7
暗	3	3	1	2	1	4	6

表 7 見やすいと答えた人数“神奈川工科大学”

Table 7 The distribution of good visibility for “神奈川工科大学。”

	R	Y	G	C	B	M	H
明	1	4	3	0	1	2	7
暗	1	3	2	3	0	3	8

6. 文字色と背景色に関する評価実験

6.1 結果

モベリオに図7の画像を表示し、背景ディスプレイには図8に示す8種類の背景画像を順に表示して、見やすい色と見にくい色を選択してもらうという実験を行った。本実験は、神奈川工科大学のホームエレクトロニクス開発学科の男子学生7人に協力してもらった。結果は表8であり、表には図8の各背景に対する見やすい色と見づらい色を併記している。表8の背景色が黒の場合は、全色均等に見やすいに票が入った。表8の背景色が青の場合は、マゼンタが1番見やすいという結果となった。表8の背景色が白の場合は、唯一マゼンタに見やすい票が入らなかった。表8の背景色が緑の場合は、緑が1番見づらく、表8の背景色が黄色の場合と表8の背景色がマゼンタの場合は、補色が見づらいという結果となった。表8の背景色がシアンの場合は、前述の背景色が黄色とマゼンタの場合とは違い、補色の赤に見やすいに票があった。表8の背景色が赤の場合は、赤が一番見づらいという結果となった。

全体の傾向として、表8の見やすい色より、どの背景色に対しても見やすい色はシアン、黄色が多くを占めていた。シアンの輝度は130[cd/m²]、黄色の輝度は77[cd/m²]だった。シアン、黄色の2色は補色であり第4章の実験でも補色が見やすいという結果がでていた。表8の見づらい色より、どの背景色に対しても見づらい色は青が最も多かった。背景色に依存しないシアン、黄色、青のような色があったが、他の色に関しては背景による依存性が確認できた。

6.2 考察

見やすさに関係するものとして、背景色と文字色のu'v'色度図上の距離、画像と文字色の輝度の差が関係しているのではという仮説を立てた。前者は背景色と文字色のRGB値からu'v'色度座標への変換を行い2点間の距離を求める。後者は輝度計で測定を行う。この2点の検証を背景色に依存しなかったシアン、イエロー、ブルーのみに行った。

前述の3色の文字色と背景色のu'v'色度図上の距離、輝度の差の結果を表9~表11に示す。縦軸にアンケート人数、横軸に背景色と文字色u'v'色度図上の距離をとったグラフを図9に示す。縦軸にアンケート人数、横軸に背景色と文字色の輝度の差をとったグラフを図9に示す。図9のグラフは、相関係数が-0.39であり弱い相関であった。図10のグラフは、相関係数が0.85であり強い相関であった。これらの結果から背景色と文字色のu'v'色度図上の距離はあま

り相関がなく、背景色と文字色の輝度の差は相関があることがわかった。



図 7 モベリオに表示する文字画像
 Figure 7 Example of text color's.

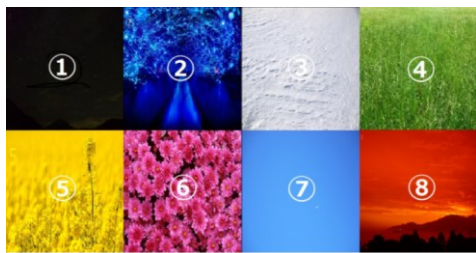


図 8 8種類の背景画像
 Figure 8 Eight types of background pictures.

表 8 文字色のアンケート結果
 Table 8 Questionnaire of text colors.

背景画像			R	Y	G	C	B	M
			①	見やすい	5	7	5	6
黒	見やすい	5	7	5	6	5	7	
	見づらい	0	0	0	0	2	0	
②	見やすい	2	4	0	4	0	5	
	見づらい	0	0	1	0	7	0	
③	見やすい	1	5	0	5	0	0	
	見づらい	1	0	6	0	4	2	
④	見やすい	0	4	0	5	0	2	
	見づらい	1	1	2	0	6	1	
⑤	見やすい	0	6	0	5	1	2	
	見づらい	0	1	6	0	5	1	
⑥	見やすい	3	7	2	7	0	3	
	見づらい	0	0	1	0	5	0	

表 9 u'v'色度図上の距離と輝度の差”文字色シアン”
 Table 9 Difference of luminance and distance on u'v' chromaticity diagram “cyan.”

色度図上の距離	0.54	0.05	0.14	0	0.39	0.11	0.42
輝度の差[cd/m2]	79	33	79	26	45	53	78

表 10 u'v'色度図上の距離と輝度の差”文字色黄色”
 Table 10 Difference of luminance and distance on u'v' chromaticity diagram “yellow.”

色度図上の距離	0.48	0.08	0.1	0.11	0.39	0	0.49
輝度の差[cd/m2]	103	57	103	50	72	77	102

表 11 u'v'色度図上の距離と輝度の差”文字色青”
 Table 11 Difference of luminance and distance on u'v' chromaticity diagram “blue.”

色度図上の距離	0	0.46	0.58	0.54	0.31	0.48	0.58
輝度の差[cd/m2]	5	51	5	58	36	31	6

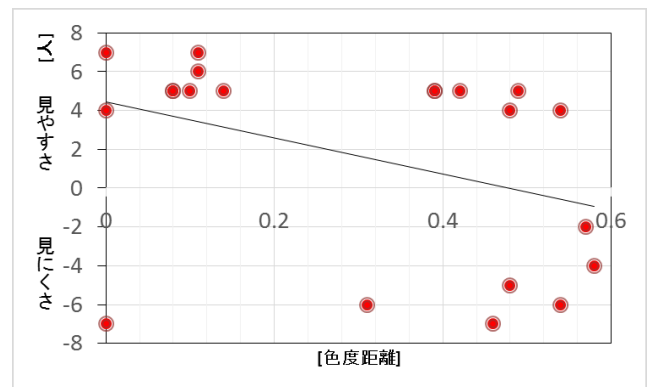


図 9 背景と文字の色度距離と見やすさの関係
 Figure 9 Relation between visibility and edition distance in chromaticity diagram.

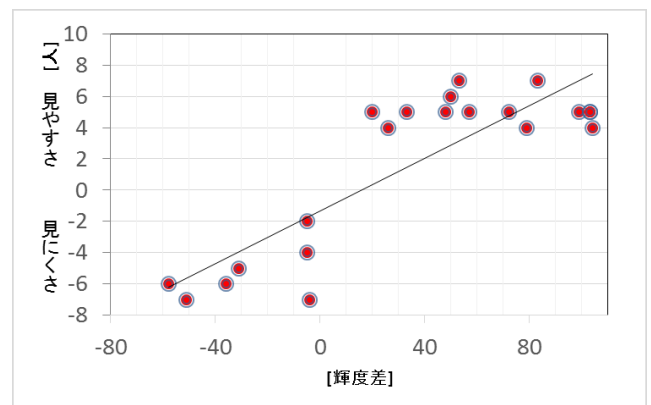


図 10 背景と文字の輝度差と見やすさの関係
 Figure 10 Relation between visibility and edition distance in luminance diagram.

7. 最適なテロップのスクロール速度

7.1 実験結果と考察

モベリオ装着時に緊急速報などのテロップが流れることを想定して、最適なテロップのスクロール速度を確かめる。モベリオに図 11 のテロップを流し、最も見やすいと感じた速度を選んでもらった。作成したテロップは、一秒間に表示する文字数を一文字ずつ速くしていくというものであ

る。本実験では、4文字/秒～8文字/秒で行った。この範囲とした理由は、文献(1)に19インチCRTディスプレイにおける最適なテロップのスクロール速度の範囲が5～7.5文字/秒とあったので、その範囲から約±1の1秒間に4文字～8文字とした。本実験は、神奈川工科大学のホームエレクトロニクス開発学科の男子学生7人に協力してもらった。図12より、6文字/秒が一番見やすいという結果であり、文献(1)の範囲内であったが、やや遅い速度が好まれた。

今回は静止時のみの実験であったが、今後は歩行時、緊急時を想定した実験を行いたい。歩行時は、可読性の高い遅い速度が好まれることが予想される。緊急時は情報の速さが求められるので、より速い速度が好まれることが予想される。

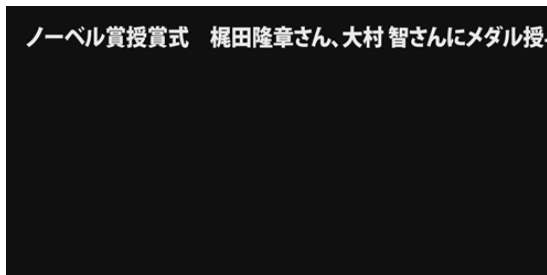


図 11 実験に用いたテロップ
Figure 11 An example of a telop.

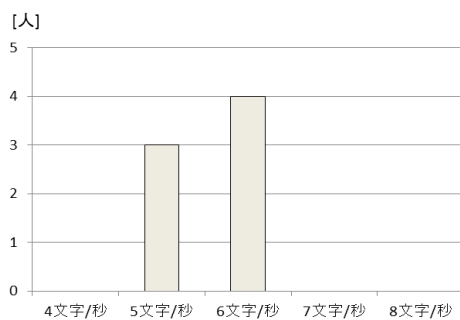


図 12 テロップのスクロール速度の結果
Figure 12 A result by the speed of the scroll.

8. まとめ

本実験から以下のようなことが分かった。

- ①文字色は補色のシアン、イエロー、マゼンタの三色が見やすい。
- ②テロップの見やすいスクロール速度は5～6文字/秒で、通常のディスプレイよりやや遅い結果になった。
- ③背景よりも文字色の輝度が高いほうが見やすい。
- ④文字色は輝度の高いシアンとイエローが見やすく、輝度の低いブルーが見づらい。
- ⑤背景色と文字色の色度距離には弱い相関があった。
- ⑥背景色と文字色の輝度の差には強い相関があった。

9. 今後の課題

本実験では以下の3点が課題に挙げられる。

- ①第5章は表示している内容と印象に残る文字色に関係があるかを調査する実験だったが、全ての内容で白が見やすいという結果になった。白以外の文字色で再調査する必要がある。
- ②第7章は静止時のみの実験だったので、歩行時・緊急時を想定した場合の実験も行う。
- ③実施したアンケートの人数が少なかったため、より多くの人に対して実施する。

参考文献

- [1] 金岡宏太他”可読性を考慮したニュース速報のテロップ表示における最適速度の基礎的検討”(情報科学技術フォーラム講演論文集 8(3), 511-512 2009-08-20)